



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Pat ntschrift
10 DE 101 10 769 C 1

51 Int. Cl.⁷:
B 22 D 17/00
C 22 C 1/00

21 Aktenzeichen: 101 10 769.2-24
22 Anmeldetag: 7. 3. 2001
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 17. 10. 2002

DE 101 10 769 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Federal-Mogul Nürnberg GmbH, 90441 Nürnberg,
DE

74 Vertreter:

Fuchs, Mehler, Weiß & Fritzsche, 65189 Wiesbaden

72 Erfinder:

Hofmann, Lothar, 92318 Neumarkt, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 199 18 231 A1
DE 198 20 976 A1
US 46 94 882
US 46 94 881
EP 010 04 374 A1

DE-Z.: Kaufmann, H. u.a.: "Metallurgical
and processing aspects of the NRC semi-solid
casting technology, In: Aluminium, 76, 2000,
1/2, S. 70/74;

54 Verfahren zur Herstellung eines thixotropen Vormaterials für die Herstellung von Kolben

57 Es wird ein Verfahren zur Herstellung eines thixotropen
Vormaterials beschrieben, das eine solche Gefügestruk-
tur aufweist, daß dieses Vormaterial für die Herstellung
von Kolben für Verbrennungskraftmaschinen geeignet
ist. Das Verfahren sieht vor, daß eine feste Metall-Legie-
rung mit Dentritenstruktur einem Extruder zugeführt
wird, die Metall-Legierung durch eine Zuführzone im Ex-
truder hindurchgeführt wird, die Metall-Legierung wäh-
rend des Durchgangs durch eine Heizzone des Extruders
auf eine Temperatur oberhalb der Liquidus-Temperatur
erwärmt wird und die Metall-Legierung auf eine Tempara-
tur zwischen ihrer Solidus- und der Liquidus-Temperatur
abgekühlt wird. Die abgekühlte Metall-Legierung wird mit
einer Schnecke oder einer rotierenden Platte mit einer
Kraft beschert, die ausreicht, um mindestens einen Teil
der Dentritenstruktur bei ihrer Bildung zu brechen und die
Metall-Legierung wird anschließend aus dem Extruder
abgeführt. Als Metall-Legierung wird eine übereutekti-
sche Aluminium-Silizium-Legierung verwendet, die beim
Durchgang durch die Heizzone des Extruders auf eine
Temperatur erwärmt wird, die 80 bis 150 K über der Liqui-
dus-Temperatur liegt, wobei die Verweildauer der Alumi-
nium-Silizium-Legierung in der Heizzone des Extruders
30 Sekunden bis 4 Minuten beträgt. Die Verweildauer der
Aluminium-Silizium-Legierung im Temperaturbereich
zwischen der Liquidus- und der Solidus-Temperatur be-
trägt 2 bis 8 Minuten.

DE 101 10 769 C 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines thixotropen Vormaterials für die Herstellung von Kolben für Verbrennungskraftmaschinen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Thixotrope Metall-Legierungen sind die Voraussetzung für die Herstellung von Kolben im sogenannten Semi-Solid-Gießverfahren.

[0003] Das Semi-Solid-Gießverfahren für Metall-Legierungen ist seit den 70er-Jahren bekannt, wobei für dieses Verfahren verschiedene Bezeichnungen wie Rheo-Cast, Thixo-Cast, Thixoforming und Semi-Solid-Molding verwendet werden.

[0004] Dieses Gießverfahren unterscheidet sich von herkömmlichen Gießverfahren dadurch, daß die Verarbeitung des Metalls in teilflüssigem Zustand erfolgt. Das Semi-Solid-Gießverfahren nimmt eine Mittelstellung zwischen herkömmlichen Gießverfahren und Schmiedeverfahren ein.

[0005] Die Grundlage des Semi-Solid-Gießverfahrens ist das thixotrope Verhalten bestimmter Metall-Legierungen. Ein Material wird als thixotrop bezeichnet, wenn die Viskosität einer Mischung aus festen und flüssigen Bestandteilen mit steigender Scherbeanspruchung abnimmt. Damit eine Metall-Legierung thixotrope Eigenschaft aufweist, muß vor dem eigentlichen Gießvorgang ein spezielles Gefüge vorliegen. Konventionell erstarrte Metall-Legierungen weisen eine dendritische Gefügestruktur auf. Erwärmt man eine Legierung mit einer dendritischen Struktur auf eine Temperatur, bei der flüssige und feste Bestandteile gleichzeitig vorliegen, so verhaken sich die festen dendritischen Phasen ineinander. Die Viskosität einer dendritischen, teilflüssigen Metall-Legierung ist deshalb für einen Gießprozeß zu hoch.

[0006] Durch verschiedene Verfahren kann man erreichen, daß im teilflüssigen Zustand der Metall-Legierung die festen Phasen eine globulitische, d. h. rundliche Form aufweisen. Die globulitischen Phasen, die im teilflüssigen Zustand von Schmelze umgeben sind, verhaken sich nicht. Bringt man auf diese teilflüssige Legierung Scherkräfte auf, z. B. bei einem Druckgießprozeß, dann fließt das Material ähnlich einer Flüssigkeit. Die Viskosität des teilflüssigen Materials ist umso geringer je höher die aufgebrachten Scherkräfte sind. Eine teilflüssige Metall-Legierung, bei der die festen Phasen in globulitischer Form vorliegen, verhält sich somit thixotrop.

[0007] Der Fertigungsprozeß des Semi-Solid-Gießverfahrens gliedert sich in der Regel in drei Unterprozesse:

- Vormaterialherstellung
- Erwärmung des Vormaterials
- Gießen des Endproduktes

[0008] Besonders wichtig für den Erfolg des Semi-Solid-Gießverfahrens ist die Qualität und die Wirtschaftlichkeit der Vormaterialherstellung. Das Semi-Solid-Gießverfahren hat sich bisher im industriellen Maßstab nur für sogenannte untereutektische Aluminium-Silizium-Legierungen durchsetzen können, wobei AlSi7Mg eine typische Aluminium-Silizium-Legierung ist.

[0009] Bei diesen untereutektischen Legierungen liegen im teilflüssigen Zustand Aluminium-Mischkristalle (α -Phase) in globulitischer Form vor, während die flüssige Phase vom sogenannten Eutektikum gebildet wird, das in der Gießform feinkörnig erstarrt.

[0010] Metall-Legierungen für die Herstellung von Kolben sind jedoch typischerweise übereutektische Legierungen, d. h. der Siliziumgehalt ist so hoch, daß im teilflüssigen Zustand großräumige Silizium-Phasen, d. h. primäres Silizium, gemeinsam mit Aluminium-Mischkristallen (primäre α -Phase) als feste Phase vorliegen, die in einer flüssigen Phase (Eutektikum) eingebettet ist, die beim Erstarren Aluminium-Mischkristalle, intermetallische Verbindungen und

feines Silizium ausscheidet.

[0011] Das primäre Silizium erstarrt im Gegensatz zum primären Aluminium-Mischkristall auch im konventionellen Guß nicht dendritisch sondern globular. Die bisher bekannten Verfahren zur Herstellung von Vormaterialien für das Semi-Solid-Gießverfahren ändern nicht die Morphologie des primären Siliziums.

[0012] Die Materialeigenschaften einer solchen Kolbenlegierung hängen jedoch entscheidend von der Größenverteilung des primären Siliziums ab. Das primäre Silizium sollte hierbei möglichst klein, d. h. $< 70 \mu\text{m}$, und möglichst gleichmäßig in der Legierung verteilt sein. Grobes und/oder agglomeriertes primäres Silizium wirkt bei dynamischer Bauteilbelastung, die bei Kolben typisch ist, als Rißstarter.

[0013] Die darin beschriebenen Verfahren zur Vormaterialherstellung erzeugen typischerweise ein sehr grobes und häufig zusätzlich agglomeriertes primäres Silizium. Dies ist der Grund dafür, daß sich das Semi-Solid-Gießverfahren bis heute nicht für die Herstellung von Kolben durchgesetzt hat.

[0014] Im folgenden werden die gängigsten Verfahren zur Herstellung thixotropen Vormaterials aus Aluminium-Legierungen und ihrer speziellen Nachteile bei der Herstellung von thixotropen, übereutektischen Aluminium-Kolbenlegierungen beschrieben.

[0015] Bei dem sogenannten MHD-Verfahren (Magnetohydrodynamic Stirring) wird die flüssige Aluminium-Legierung im Strangussverfahren vergossen. In der Erstarrungszone wird die teilerstarrte Legierung mittels Magnetfelder gerührt. Dadurch werden die dendritisch erstarrten Phasen zerbrochen und zu globulitischen Phasen eingeringet. Dies ist die Voraussetzung für ein thixotropes Verhalten der Legierung.

[0016] Bei übereutektischen Aluminium-Kolbenlegierungen erstarrt als erste oder eine der ersten Phasen das primäre Silizium in der Schmelze. Da die Erstarrungsgeschwindigkeit bei diesem Prozeß relativ langsam ist, können die primär ausgeschiedenen Siliziumpartikel lange wachsen. Sie werden dadurch sehr groß. Zusätzlich agglomerieren die primären Siliziumphasen, wodurch ein für Kolbenlegierungen ungeeignetes Gefüge erhalten wird.

[0017] Das sogenannte SSP-Verfahren (Single Slug Production) entspricht im Prinzip dem MHD-Verfahren mit dem Unterschied, daß die Legierung nicht im Strangussverfahren abgegossen wird, sondern daß einzelne Bolzen in einem Gefäß unter magnetisch induziertem Rühren erstarren. Die Nachteile für übereutektische Kolbenlegierungen entsprechen denen des MHD-Verfahrens.

[0018] Das Verfahren, das als Mechanical Stirring bezeichnet wird, entspricht im Prinzip dem MHD-Verfahren, wobei das Rühren mittels Magnetfelder durch mechanisches Rühren ersetzt wird. Die Nachteile für übereutektische Kolbenlegierungen entsprechen denen des MHD-Verfahrens.

[0019] Beim New-Rheo-Cast-Verfahren (s. Aluminium 76, 2000, 1/2, S. 70-74) wird die flüssige Legierung in isolierte Gefäße gegossen und erstarrt in diesen Gefäßen ohne Rühren extrem langsam. Aufgrund der extrem langsamen Erstarrung formen sich die primär in der Schmelze ausgeschiedenen Phasen infolge der Oberflächenspannung globulitisch anstatt dendritisch aus. Damit liegen die Voraussetzungen für thixotropes Verhalten der Legierung vor.

[0020] Dieses Verfahren eignet sich für übereutektische Kolbenlegierungen noch weniger als die bekannten Verfahren MHD oder SSP, da die extrem langsame Erstarrung zu extrem groben primären Siliziumphasen führt. Die Silizi-

umpartikel haben bei diesem Verfahren extrem viel Zeit zum wachsen. Die mit diesem Verfahren herstellbaren Gefüge sind für Kolben völlig ungeeignet.

[0021] Aus der DE 198 20 976 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines Rohlings für eine Zylinderlaufbuchse aus einer übereutektischen AlSi-Legierung bekannt. Die geschmolzene Legierung wird zu einem Vormaterial im Sprühkompaktierungsverfahren verarbeitet und anschließend zu einem rohrförmigen Halbzeug im Strangpreßverfahren im thixotropen Zustand der Legierung umgeformt.

[0022] Ein weiteres Verfahren zur Herstellung von Rohlingen für Zylinderlaufbuchsen aus einer übereutektischen AlSi-Legierung ist aus der DE 199 18 231 A1 bekannt.

[0023] Ein Druckgießverfahren zur Herstellung von Gußstücken aus Legierungen mit thixotropen Eigenschaften wird in der EP 1 004 374 A1 beschrieben.

[0024] Ein Verfahren zur Herstellung einer Flüssig/Fest-Metall-Legierung, von dem die vorliegende Erfindung ausgeht, ist aus der EP 0 080 786 B1 bekannt. Dieses Verfahren ist geeignet für die Herstellung von thixotropen Vormaterials auf der Basis von Blei-Legierungen, Magnesium-Legierungen, Zink-Legierungen, Aluminium-Legierungen, Kupfer-Legierungen, Eisen-Legierungen, Nickel-Legierungen und Kobalt-Legierungen. Bezüglich der interessierenden Aluminium-Legierungen werden allerdings keine Angaben über die Zusammensetzung gemacht. Es hat sich jedoch herausgestellt, daß dieses bekannte Verfahren für die Herstellung von Kolbenlegierungen aufgrund des sich ausbildenden groben Gefüges nicht geeignet ist.

[0025] Ähnliche Verfahren für Magnesium-Legierungen sind aus US 4,694,881 und 4,694,882 bekannt.

[0026] Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Herstellung eines thixotropen Vormaterials bereitzustellen, das eine Gefügestruktur aufweist, so daß dieses Vormaterial für die Herstellung von Kolben für Verbrennungskraftmaschinen geeignet ist.

[0027] Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß ausgehend von dem in der EP 0 080 786 B1 bekannten Verfahren als Metall-Legierung eine übereutektische Aluminium-Silizium-Legierung verwendet wird, daß während des Durchgangs der Metall-Legierung durch die Heizzone des Extruders die Legierung auf eine Temperatur erwärmt wird, die 80 bis 150 K über der Liquidus-Temperatur liegt, wobei die Verweildauer der Aluminium-Silizium-Legierung in der Heizzone des Extruders 30 Sekunden bis 4 Minuten beträgt und daß die Verweildauer der Aluminium-Silizium-Legierung im Temperaturbereich zwischen der Liquidus- und der Solidus-Temperatur 2 bis 8 Minuten beträgt.

[0028] Es hat sich herausgestellt, daß übereutektische Aluminium-Legierungen dann in diesem Herstellungsverfahren eingesetzt werden können, wenn die beanspruchten Parameter in der Heizzone des Extruders und während der Abkühlung der Aluminium-Silizium-Legierung auf eine Temperatur zwischen ihrer Solidus- und Liquidus-Temperatur eingehalten werden. Es war überraschend, daß die Größe der primären Siliziumkristalle die zulässige Größe von etwa 70 µm nicht überschreitet, und daß die primären Siliziumkristalle nicht koagulieren.

[0029] Es hat sich gezeigt, daß die Temperaturen in der Heizzone des Extruders möglichst wenig über der Liquidus-Temperatur der Legierung liegen dürfen, wobei sich ein Temperaturbereich von 80 bis 150 K über der Liquidus-Temperatur als vorteilhaft herausgestellt hat. Dadurch verbleiben in der Schmelze genügend Keime, die beim Abkühlen der Legierung auf eine Temperatur zwischen der Liquidus- und Solidus-Temperatur als Keime für die primär ausgeschiedenen Siliziumpartikel dienen. Dadurch beginnen offensichtlich viele Siliziumpartikel zu wachsen und kon-

kurrieren um das in der Schmelze gelöste Silizium miteinander. Es wird vermutet, daß die Siliziumpartikel deshalb nur zu einer geringen Größe heranwachsen, was eine Voraussetzung dafür ist, daß das Material für die Produktion von Kolben verwendet werden kann.

[0030] Desweiteren hat sich gezeigt, daß die Verweildauer der Legierung in der Heizzone des Extruders möglichst kurz sein sollte. Bei den bevorzugten niedrigen Temperaturen der Legierung in der Heizzone des Extruders neigen die Keime zum Ausseigern aus der Schmelze, wodurch die Schmelze an Keimen für die primär ausgeschiedenen Siliziumpartikel verarmt.

[0031] Es würden nur wenige primäre Siliziumpartikel entstehen, die die Größe von 70 µm übersteigen würden. Damit wäre die Legierung nicht mehr für die Herstellung von Kolben geeignet. Durch die Einstellung einer kurzen Verweildauer ist es gelungen, das Ausseigern der Keime aus der Schmelze zu begrenzen.

[0032] Desweiteren ist die Verweildauer der Legierung in der Abkühlzone des Extruders von Bedeutung, in der sich die Legierung in einem Temperaturbereich zwischen Liquidus- und Solidus-Temperatur befindet. Hierbei hat sich eine Verweildauer von 2 bis 8 Minuten als geeignet herausgestellt. Eine längere Verweildauer über 8 Minuten hinaus ermöglicht den primär ausgeschiedenen Siliziumpartikeln ebenfalls ein zu starkes Wachstum. Die Siliziumpartikel würden größer als 70 µm werden und die Legierung wäre damit nicht mehr für die Herstellung von Kolben geeignet.

[0033] Vorzugsweise wird eine Aluminium-Legierung mit einem Siliziumgehalt von 12 bis 16 Gew.-% verwendet.

[0034] Die Verweildauer im Schritt c.) beträgt vorzugsweise 30 Sekunden bis 2 Minuten und die Verweildauer im Schritt d.) vorzugsweise 2 bis 5 Minuten.

[0035] Um die gewünschte Härte der Legierung herzustellen, ist die Zugabe von Kupfer wünschenswert. Vorzugsweise weist daher die Aluminium-Silizium-Legierung einen Kupfergehalt von 1 bis 8% auf. Mit den gängigen Gießverfahren wurden bisher nur Kolbenlegierungen verarbeitet, die einen Kupfergehalt bis maximal 5 Gew.-% aufwiesen, weil höhere Kupfergehalte, die bezüglich der Härte wünschenswert sind, typische Gießfehler wie sogenannte Mikrolunker aufwiesen. Es hat sich jedoch herausgestellt, daß mit dem Semi-Solid-Verfahren auch Legierungen vergießbar sind, die höhere Kupfergehalte aufweisen. Hier hat sich ein Bereich von mehr als 5 bis 8 Gew.-% bezüglich des Kupfergehaltes als vorteilhaft herausgestellt.

[0036] Vorzugsweise enthält die Aluminium-Silizium-Legierung einen Phosphorgehalt von 20 bis 200 ppm. Der Phosphorgehalt ist vorteilhaft, weil Aluminium-Phosphorkeime gebildet werden, die wiederum für die Bildung feiner Siliziumpartikel von Bedeutung sind.

[0037] Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die Aluminium-Silizium-Legierung eines oder mehrere Elemente aus der Gruppe der seltenen Erden aufweist. Die Zugabe eines oder mehrerer der Elemente der Gruppe der seltenen Erden hat den Vorteil, daß die Größe des primären Siliziums reduziert wird.

[0038] Eine bevorzugte Legierung weist folgende Zusammensetzung auf:

10 bis 18% Silizium, 1 bis 8 Gew.-% Kupfer, 1 bis 4 Gew.-% Nickel, 0,5 bis 1,5 Gew.-% Magnesium, 30 bis 50 ppm Phosphor und Rest Aluminium.

[0039] Die Aluminium-Silizium-Legierung kann eines oder mehrere der folgenden Elemente enthalten:

maximal 1 Gew.-% Fe, maximal 1 Gew.-% Cr, maximal 1 Gew.-% Zn, maximal 0,2 Gew.-% Pb, maximal 0,2 Gew.-% Sn, maximal 100 ppm Ca, maximal 100 ppm Sr, maximal 100 ppm Na, 0,05 bis 2 Gew.-% Ti, 0,05 bis 1 Gew.-% Zr,

THIS PAGE BLANK (USPTO)

0,05 bis 1 Gew.-% V, 0,05 bis 1 Gew.-% Mn, 0,05 bis 1 Gew.-% Co, 0,05 bis 1 Gew.-% Sb, 0,05 bis 1 Gew.-% Ag und/oder 0,04 bis 1 Gew.-% Ce.

[0040] Es ist vorgesehen, daß die aus dem Extruder abgeführte Aluminium-Silizium-Legierung vorzugsweise einer Druckguß-, insbesondere einer Hochdruck-Kaltkammer-Druckgußmaschine zugeführt wird, um der ausgestoßenen Legierung eine Gestalt zu geben. Es ist möglich, unmittelbar an diese Vormaterialherstellung die Herstellung von Kolben in dieser Druckgußmaschine durchzuführen.

[0041] Es hat sich jedoch gezeigt, daß eine Zwischenlagerung von Vorteil ist, weil dadurch die Schritte der Herstellung des Vormaterials und Gießen der Kolben zeitlich entkoppelt sind. Eine Störung beispielsweise im nachfolgenden Prozeßschritt Gießen des Kolbens würde zwangsläufig eine verzögerte Materialabnahme aus dem Extruder zur Folge haben, was wiederum eine unzulässig lange Verweildauer der Aluminium-Legierung in der Heizzone bzw. im Temperaturbereich zwischen Liquidus- und Solidus-Temperaturen im Extruder nach sich ziehen würde. Da jedoch zu lange Haltezeiten in diesen Zonen des Extruders bei den erfindungsgemäßen übereutektischen Kolbenlegierungen zu unzulässig großen primären Siliziumpartikeln führen würde, ist es empfehlenswert, beide Verfahrensschritte zeitlich zu trennen. Es ist deshalb vorgesehen, daß vorzugsweise nach dem Abführen der Legierung aus dem Extruder die Aluminium-Legierung zwischengelagert wird und daß vor der Weiterverarbeitung in einer Druckgußmaschine eine Vorerwärmung der Aluminium-Legierung auf eine Temperatur durchgeführt wird, bei der ca. 30% bis 70% der Legierung als flüssige Phase vorliegen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines thixotropen Vormaterials für die Herstellung von Kolben für Verbrennungskraftmaschinen, bei dem
 - a. eine feste Metall-Legierung mit Dendritenstruktur einem Extruder zugeführt wird,
 - b. die Metall-Legierung durch eine Zuführzone im Extruder hindurchgeführt wird,
 - c. die Metall-Legierung während des Durchganges durch eine Heizzone des Extruders auf eine Temperatur oberhalb der Liquidus-Temperatur erwärmt wird,
 - d. die Metall-Legierung auf eine Temperatur zwischen ihrer Solidus- und der Liquidus-Temperatur abgekühlt wird,
 - e. die abgekühlte Metall-Legierung mit einer Schnecke oder einer rotierenden Platte mit einer Kraft geschert wird, die ausreicht, um mindestens einen Teil der Dendritenstruktur bei ihrer Bildung zu brechen und
 - f. die Metall-Legierung aus dem Extruder abgeführt wird,
 dadurch gekennzeichnet, daß als Metall-Legierung eine übereutektische Aluminium-Silizium-Legierung verwendet wird, daß im Schritt c.) die Legierung auf eine Temperatur erwärmt wird, die 80–150 K über der Liquidus-Temperatur liegt, wobei die Verweildauer der Aluminium-Silizium-Legierung in der Heizzone des Extruders 30 sec bis 4 min beträgt und daß im Schritt d.) die Verweildauer der Aluminium-Silizium-Legierung im Temperaturbereich zwischen der Liquidus- und der Solidus-Temperatur 2 bis 8 min beträgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

net, daß eine Aluminium-Silizium-Legierung mit einem Silizium-Gehalt von 10 bis 18 Gew.-% verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Aluminium-Silizium-Legierung mit einem Si-Gehalt von 12 bis 16 Gew.-% verwendet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Verweildauer im Schritt c.) ca. 30 sec bis 2 min beträgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Verweildauer im Schritt d.) 2 bis 5 min beträgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Aluminium-Silizium-Legierung mit einem Kupfergehalt von 1 bis 8 Gew.-% verwendet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine Aluminium-Silizium-Legierung mit einem Kupfergehalt von > 5 bis 8 Gew.-% verwendet wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine Aluminium-Silizium-Legierung mit einem Phosphorgehalt von 20–200 ppm verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine Aluminium-Silizium-Legierung mit 0,1 bis 1 Gew.-% eines oder mehrerer Elemente aus der Gruppe der Seltenen Erden verwendet wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die verwendete Legierung folgende Zusammensetzung aufweist:

10 bis 18 Gew.-% Silizium, 1 bis 8 Gew.-% Kupfer, 1 bis 4 Gew.-% Nickel, 0,5 bis 1,5 Gew.-% Mg, 30 ppm–150 ppm P und Rest Aluminium.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die verwendete Aluminium-Silizium-Legierung eines oder mehrere der folgenden Elemente enthält:

maximal 1 Gew.-% Fe, maximal 1 Gew.-% Cr, maximal 1 Gew.-% Zn, maximal 0,2 Gew.-% Pb, maximal 0,2 Gew.-% Sn, maximal 100 ppm Ca, maximal 100 ppm Sr, maximal 100 ppm Na, 0,05 bis 2 Gew.-% Ti, 0,05 bis 1 Gew.-% Zr, 0,05 bis 1 Gew.-% V, 0,05 bis 1 Gew.-% Mn, 0,05 bis 1 Gew.-% Co, 0,05 bis 1 Gew.-% Sb, 0,05 bis 1 Gew.-% Ag und/oder 0,04 bis 1 Gew.-% Ce.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine Druckgußmaschine verwendet wird, um der ausgestoßenen Legierung eine Gestalt zu geben.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß in der Druckgußmaschine eine Form zur Herstellung von Kolben verwendet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Abführen der Legierung aus dem Extruder die Aluminium-Legierung zwischengelagert wird und daß vor der Weiterverarbeitung in der Druckgußmaschine eine Vorerwärmung der Aluminium-Legierung auf eine Temperatur durchgeführt wird, bei der ca. 30% bis 70% der Legierung als flüssige Phase vorliegen.

THIS PAGE BLANK (USPTO)